A. hydr.
104
-9-

A. Hydr.
101/19

Prüfung

über

Leistungsfähigkeit eines Dampfschiffes,

ausgeführt nach wissenschaftlichen Principien

und

durch eine Reihe im Großen unternommener Versuche.

Dr. C. Garthe,

ersten Oberlehrer an der höhern Bürgerschule zu Köln, Mitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften

Köln, 1852.

Verlag von Franz Carl Eisen.

Digitized by Google

Prüfung

der

Leistungsfähigkeit eines Dampfschiffes,

ausgeführt nach wissenschaftlichen Principien

und erörtert

durch eine Reihe im Großen unternommener Versuche.

Von

Dr. C. Garthe,

erstem Oberlehrer an der höhern Bürgerschule zu Köln, Mitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Köln, 1852.

Verlag von Franz Carl Eisen.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Dem

um die Rheinische Dampfschifffahrt, in Bezug auf ihr Entstehen, ihre Entwickelung, und Ausbildung bis zur anerkennenswerthesten Höhe ihres jetzigen Bestandes

hochverdienten Verwaltungs-Präsidenten

Herrn Heinrich Merkens,

Ritter hoher Orden &c.

widmet

diese kleine Schrift

als ein Merkmal öffentlicher Anerkennung

mit Hochachtung und Verehrung

DER VERFASSER.

Digitized by Google

Prüfung
der Leistungsfähigkeit eines Dampfschiffes.

Was hier gegeben werden soll, besteht einzig — ausser einigen einleitenden Reflexionen — in der Mittheilung eines an den Königl. Appellations-Gerichtshof in Köln abgegebenen Gutachtens über die ermittelte Leistungsfähigkeit eines Schlepp-Dampfschiffes nach denjenigen Gründen, welche Erfahrung und Wissenschaft zur Zeit festgestellt haben.

Dass bei einem jeden Dampfschiffe vornämlich die Form des Schiffskörpers, die Maschine mit dem Dampferzeuger und dann der Triebapparat in Betracht gezogen werden müsse, ist selbstredend, und dass bei der Anwendung eines Schiffes genau unterschieden werden müsse: ob es See- oder Flussboot, Schleppschiff oder Personentransportschiff, oder endlich Kriegsdampfschiff sein soll, bedarf kaum der Erwähnung.

In allen diesen mannigfachen Beziehungen muss darnach gestrebt werden, mit einem Minimum von Kraftaufwand die verhältnissgemässe grösste Geschwindigkeit zu erzielen. Leitende Prinzipien bei dem Baue eines Dampfschiffes bestehen vornämlich darin:

1) die Form desselben so zu bestimmen, dass es im Wasser den geringsten Widerstand gegen seine Fortbewegung verursacht;
2) dass es einen möglichst grossen nutzbaren Raum darbietet;
3) dass es bei einem Minimum von Material-Aufwand eine möglichst grosse Festigkeit hat.

In umfassenden Werken, woran die Literatur nicht arm ist, kann man darüber das Weitere finden. Hier soll nur kurz angedeutet werden, wie die in der Folge gebrauchten Formeln ihre Ableitung erhielten. Die Widerstände, welche das Schiff im bewegten Wasser leistet, richten sich nach der Form seiner Bauart und nach der Geschwindigkeit, die es annehmen soll. Letztere nimmt die Erfahrung innerhalb weiter Grenzen

„dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional an"

und gilt diese Annahme sowohl für die Widerstände, welche das Schiff am Vordertheil, am Mittelschiff und dem Hintertheil desselben erleidet.

Die Widerstände, welche von der Form abhängig sind, konnten bis jetzt nicht unter bestimmte Regeln gebracht werden. In einer ausführlichen grössern Schrift*) habe ich meine Aufmerksamkeit auf die Form der sich am schnellsten bewegenden Raubfische gelegt und, verglichen mit den

*) Sie wird bald erscheinen.

Digitized by Google

auf dem Rhein fahrenden schnellsten Dampfschiffen, gefunden, dass diese in selbigem Grade schneller fahren, je mehr sie sich jener Form, unter gewisser Einschränkung, nähern. Die Länge des Schiffes = 6, 6 × seiner Breite zu nehmen, wie es als praktische Regel oft angegeben worden, stimmt nicht mit meinen Erfahrungen überein. Das Verhältniss ist viel richtiger 1 : 10 bis 1 : 12.

Ferner ist es begreiflich, dass der Widerstand, den das bewegte Schiff im Wasser erleidet:

„proportional dem eingetauchten Querschnitt des Schiffes sein muss."

Bedeutet nun:

A die grösste dem Widerstand des Wassers vom Schiffskörper dargebotene senkrecht auf der Längenrichtung stehende Fläche in Engl. Quadratfuss,

A' die Summe der von beiden Rädern in das Wasser eintauchenden Schaufelflächen in Engl. Quadratfuss,

K den Widerstands-Coefficienten, den das Schiff vermöge seiner Bauart und Form dem Wasser entgegensetzt, *)

K' den Widerstands-Coefficienten, welcher den Schaufeln als ebene Flächen angehört,

V die Geschwindigkeit des Schiffes in 1 Zeitsecunde in Engl. Fuss im stillen Wasser,

v die Geschwindigkeit des Rheinstromes in 1 Sec. in Engl. Fuss (mit Berücksichtigung der Wasserhöhe),

u die Geschwindigkeit des Angriffspunktes im Mittelpunkt der Schaufeln in 1 Sec. in Engl. Fuss,

W den Widerstand in Engl. ℔ ausgedrückt,

U die relative Geschwindigkeit des Schiffes gegen das Wasser, (also auch $= V + v$), so ist

I) $W = K\,A.\,U^2$.

Hat nun das sich bewegende Schiff Ruderräder, die gegen das Wasser wirken, welches letztere als stillstehend angenommen werden soll, so gilt für den Beharrungszustand seiner Bewegung, da die Schaufeln mit einer Geschwindigkeit $u - U$ gegen das Wasser wirken

II) $W = K'\,A'\,(u - U)^2$

Aus der Combination I. II. folgt

$$K\,A\,U^2 = K'\,A'\,(u-U)^2 \text{ also}$$

$$U^2 = \frac{K'\,A'}{K\,A}\,(u-U)^2 \text{ oder}$$

$$\frac{U^2}{(u-U)^2} = \frac{K'\,A'}{K\,A} \text{ oder}$$

III) $$U = \frac{u}{1 + \sqrt{\frac{K\,A}{K'\,A'}}} \text{ und}$$

IV) $$u = U\left(1 + \sqrt{\frac{K\,A}{K'\,A'}}\right)$$

oder setzt man für die Geschwindigkeit des bewegten Schiffes

im stillen Wasser $= V$

gegen den Strom U oder $= V + v$

mit dem Strom $= V - v$, so folgt:

*) Siehe die Schrift: Nautical and Hydraulic experiments with numerous scientific miscellanies. By Colonel Mark Beaufoy, F. R. S. & London. 1834.

Digitized by Google

a) $u = \left(1 + \sqrt{\frac{K A}{K' A'}}\right) V$ . . . . . für stilles Wasser

b) $u = \left(1 + \sqrt{\frac{K A}{K' A'}}\right) (V + v)$ . . gegen das Wasser

c) $u = \left(1 + \sqrt{\frac{K A}{K' A'}}\right) (V - v)$ . . mit dem Strom

ferner ist

d) $V = \frac{u}{1 + \sqrt{\frac{K A}{K' A'}}}$ und

e) $K = \frac{(u - V)^2 K' A'}{V^2 A}$

Nach diesen theoretischen Vorbereitungen wurde die hierunter näher bezeichnete Forderung des Königl. Appellations-Gerichtshofes in Angriff genommen.

Der Königlich Rheinische Appellations-Gerichtshof zu Köln hat in seiner öffentlichen Sitzung des dritten Civil-Senates vom 17. Juli 1844 in Sachen der in Blackwell, Grafschaft Middle-Essex in England wohnenden Schiffsbauer Thomas Joseph Ditschbourne und Charles John Mann, handelnd unter der Firma: Ditschbourne und Mann, gegen den Kaufmann ..... zu ..... ein Urtheil erlassen, nach welchem durch Sachverständige ermittelt worden soll:

„dass es nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft und der Erfahrungen im Gebiete „der Mechanik unmöglich ist, in den Körper eines Dampfschleppschiffes von neunzig Fuss „Länge, vierzehn Fuss Breite zwischen den Radkasten, und drei Fuss Tiefgang eine solche „Maschinenkraft zu setzen, dass das Schiff im Stande ist, zwei hölzerne Nachen, einen jeden „mit 235 Tonnen Kohlen beladen, auf dem Rheinstrome stromaufwärts in vierzehn Stunden „von Ruhrort nach Köln zu schleppen.“

Durch Bestimmung des genannten hohen Gerichtshofes sind drei Experten zur Beantwortung dieser eben so wichtigen als interessanten Frage ernannt, und es haben dieselben unter gewissenhafter Berücksichtigung aller influirenden Umstände das hierunter folgende Gutachten abgegeben:*)

Es wird zuerst erwähnt, dass man die vorgelegte Frage in dem Sinne des zwischen den streitenden Parteien abgeschlossenen Vertrages aufgelassst hat. Nach den Worten desselben ist:

1) nur von einer Niederdruckmaschine die Rede, während nach dem Ausdrucke des Königl. Gerichtshofes von „Maschinenkraft“ überhaupt geredet wird;

2) ferner von Wasser in dem Kessel und Kohlen an Bord für eine 24stündige Fahrt eine Bestimmung vorhanden, während diese Belastung bei der vorgelegten Frage nicht berührt worden.

Man hat, nach reiflicher Ueberlegung alles dessen, was zu einer theoretischen und praktischen Beantwortung der gestellten Frage nothwendig war, diese von folgenden Betrachtungen abhängig gemacht:

*) Hier sei bemerkt, dass ich das vorliegende Gutachten entworfen und im Auftrage der Mitexperten ausgearbeitet habe, welche mit dem Inhalt einverstanden waren.

Digitized by Google

I. Entspricht das Schiff als Schleppdampfschiff in Form und Bauart den Anforderungen, welche Theorie und Erfahrung bis zur Zeit des Baues festgestellt, und leistet dasselbe mittelst der in den Schiffskörper eingebauten Niederdruckdampfmaschine das, was man von einem solchen Schiffe, ohne angehängte Schleppkähne, zu fordern berechtigt ist?

II. Wie tritt seine Leistungsfähigkeit auf, wenn dasselbe nur mit einem, mit 235 Tonnen beladenen Kohlennachen, wie sie in Ruhrort im Gebrauche sind, behaftet ist?

III. Wird dieses Schleppdampfschiff bei der contractlich vorgeschriebenen Länge von 90 Fuss Engl., 14 Fuss Breite zwischen den Radkasten, einem Tiefgange von 3 Fuss, indem es mit Wasser in dem Kessel und Kohlen versehen ist,
   a) bei einer veränderten Form des Schiffskörpers und derselben jetzt vorhandenen Maschinenkraft, oder
   b) bei derselben Schiffsform, aber grösserer Maschinenkraft, oder
   c) bei Veränderung beider eine Leistungsfähigkeit produciren können, durch welche zwei angehängte Kohlennachen, jeder mit 235 Tonnen Kohlen beladen, von Ruhrort bis Köln in 14 Stunden Zeit geschleppt werden können?

IV. Welche Resultate und praktische Erfahrungen hat man bereits bei einem anerkannt guten Schlepp-Dampfschiffe, z. B. dem Overstolz, welcher den Rhein befährt, gewonnen, und in wie fern tritt die bei Beantwortung der obigen drei Fragen anzuwendende Theorie damit in Einklang?

V. Was ist das Resultat aus den von Nro. I. bis IV. zu gebenden Erörterungen?

So ist zunächst für die Richter des Königl. Appellations-Gerichtshofes der Standpunkt genau angegeben, auf den man sich bei der Beurtheilung gestellt, so wie der Ideengang bezeichnet, welcher dabei geleitet hat.

Erörterung der Frage I.

Da zu der Bauart auch die solide Construction aller Theile gehört, so wird bemerkt, dass man auf diese nur nebenbei eine Aufmerksamkeit gelegt, indem diese zu erörtern nicht zur Aufgabe gegeben. Man versteht daher hier zunächst unter Form und Bauart den Schiffskörper seinem äussern Habitus nach und zwar in der einzigen aber wesentlichen Beziehung:

„ist die Form eine solche, welche der Theorie und der erprobten Praxis „entspricht?

Das Experiment, so war man der Meinung, müsse dies am genügendsten entscheiden und zwar in der Weise, dass durch Versuche der Widerstands-Coefficient ermittelt werde, der dieser Schiffsform zum Grunde liege. Der durch den Versuch und mittelst theoretischer Betrachtungen sich ergebende Coefficient müsse mit dem durch die praktischen Versuche im Grossen gewonnenen Erfahrungs-Coefficient verglichen, die Ueberzeugung begründen, ob das Schiff einer guten oder schlechten Form entspreche. Diese praktischen in der Wissenschaft feststehenden, und von mir an sehr vielen Fällen auf dem Rheine geprüften und bestätigten Coefficienten sind nach Navier

0,2 bis **0,5**

so dass 0,2 für die beste Form eines Schiffes und 0,5 für die schlechteste Form desselben angesehen werden darf.

Durch Ausmessungen wurde ermittelt:

$$A = 32{,}5\square'$$
$$A' = 51{,}87\square'$$

Digitized by Google

denn es betrug:

Länge der Schaufeln . . = 6′,5
Breite . . . . . = 1′,33
daher Fläche einer Schaufel = 8,645□′
dann 6, welche eintauchten = 51,87□′

Die Erfahrungs-Wissenschaft stellt fest:

$K' = 2{,}5$

Die Erfahrung hat ermittelt:

$v = 4{,}45'$ bei mittlerem Wasserstand des Rheins,
$v = 5{,}0$ bei ziemlich hohem Wasserstand,

Durch Versuche, welche auf einer Probefahrt mit dem in Rede stehenden Schleppdampfschiffe am 19. Mai von Ruhrort nach Köln (ohne angehängten Kohlennachen) unternommen worden, leitete man V so ab:

Orte.	Zeit.	Rotationen der Maschine in 1 Min.	Dampfschwung in engl. Pfd.	Bemerkungen.
1) Abfahrt von Ruhrort .	11h 30′	38	4,5	Wetter und Wind waren der Fahrt ungünstig. Die benutzten Steinkohlen waren nicht von bester Qualität.
		40	4,5	
		40	4,5	
		40	4,5	
		42	4,5	
		39,5	4,5	
2) Uerdingen	1h 6′	40	4,5	
		42	5,0	
		42	5,5	
		39,5	4,0	
3) Kaiserswerth	1h 58′	39	4,0	
		40	5,25	
		40	3,5	
4) Düsseldorf	3h 6′	39	4,5	
5) Abfahrt von Düsseldorf	4h 45′	37	5,0	
		39	4,0	
		40	4,5	
		40	5,0	
6) Grimmlinghausen . . (Baum am rechten Ufer bekannt).	5h 39′	40	5,0	
		39	3,5	
7) Zons	7h 26′	38	3,5	
		41	5,5	
		38	4,0	
8) Rheindorf	8h 55′	38	4,2	
9) Stammheim	9h 50′	42	4,5	
10) Mülheim	10h 0′	—	—	
11) Köln	10h 20′	—	—	
Mittel	—	39,7	4,58	

Digitized by Google

Aus diesen Versuchen folgt, dass die Fahrt von Ruhrort nach Köln in

9 Stunden und 11 Minuten

ausgeführt worden ist, welches 33060 Secunden beträgt.

Da nun nach den genauesten, öffentlich bekannt gewordenen, von Seiten der Preussischen Regierung veranlassten Vermessungen des Rheinstromes die Entfernung von Köln nach Ruhrort

= 24336,5 Preuss. Ruthen

= 300627 Engl. Fuss

beträgt, so folgt, dass man in 1 Zeitsecunde einen Weg von

$$\frac{300627}{33060} = 9{,}09 \text{ Engl. Fuss}$$

gegen den Rheinstrom, also bei einer dem momentanen Wasserstande entsprechenden Geschwindigkeit $v = 4{,}45$, hätte man auf dem stillen Wasser einen Weg $V = (9{,}09 + 4{,}45) = 13{,}54$ Engl. Fuss zurückgelegt.

Die aus den Versuchen gefolgerte Geschwindigkeit der Motoren u wurde also abgeleitet:

1) Nach vorgenommener Ausmessung der Schaufelräder war der Durchmesser derselben vom Mittelpunkte der Schaufeln bis zu Mittelpunkt im Mittel = 11',88.
2) Die Maschinenwelle überträgt ihre Kraft mittelst eines Vorgeleges so auf die Welle der Schaufelräder, dass letztere 2 Umdrehungen machen, während die Maschinenwelle deren 3 vollführt. Sucht man also die Rotationen der Schaufelräder, so betragen diese $^2/_3$ der Umdrehungen, welche die Maschinenwelle gemacht hat. Und da sich jene Beobachtungen von 39,7 Rotationen auf die Maschinenwelle beziehen, so machten die Schaufelräder pro Minute

$$39{,}7 \times {}^2/_3 = 26{,}46 \text{ Rotationen.}$$

Daher folgt der Werth von u für 1 Secunde:

$$u = \frac{\pi\, 11{,}88 \,.\, 26{,}46}{60} = 16{,}45 \text{ Engl. Fuss.}$$

Aus diesen Thatsachen berechnet sich nun nach der Formel, die unter IV, e. aufgeführt worden, leicht der Widerstands-Coefficient K, der der Form des Schiffes zugehört.

Es ist nämlich:

$$K = \frac{(u - V)^2\, K'\, A'}{V^2\, A} \text{ also}$$

$$K = \frac{(16{,}45 - 13{,}54)^2 \,.\, 2{,}5 \,.\, 51{,}87}{13{,}54^2 \,.\, 32{,}5} =$$

$$= \frac{1098{,}1008675}{5658{,}277} = 0{,}184$$

wofür man 0,2 setzen kann.

„Man ersieht aus diesem Resultate, dass das Schiff seiner Form nach „zu den bestmöglichsten gehört und in dieser Beziehung nichts zu „wünschen übrig bleibt.

Da ferner die Leistungsfähigkeit ausser der Form des Schiffes auch vornämlich von der entwickelten Maschinenkraft abhängig ist, so hat man sich die Frage gestellt:

Digitized by Google

„Wenn nun jenem Schiffe ein Widerstands-Coefficient angehört, der dem „bestgebauten Schiffe entspricht, welches wird die Geschwindigkeit der „Motoren sein müssen, die die vorhandene Maschinenkraft erzeugt, und „wie stimmt die Rechnung mit dem praktischen Versuche überein?

Zu dem Ende legte man die kleine Probefahrt von Köln nach Bonn zum Grunde, da gerade auf dieser Strecke eine ungemein grosse Anzahl von Beobachtungen und Resultate der vielen auf dem Rheine sich bewegenden Schiffen vorlagen und als ganz sicherer vergleichender Maassstab benutzt werden konnten.

Die Fahrt, am 22. Mai unternommen, ergab folgende Resultate:

Ort.	Zeit.	Rotationen der Maschine in 1 Minute.	Dampfsprung in engl. Pfd.	Bemerkungen.
1) Abfahrt von Köln	7h 46′	39	5,0	S.O. u. starker Regen.
		41	6,5	
2) Rodenkirchen	7h 15′	43	8,5	
		40		
3) Sürth (neben dem bek. Baum)	9h 7′	42	5 0	S.O. desgl.
		42		
4) Wesslingen	9h 32′	40	6,5	
		40	7,5	
		40	6.5	
5) Herschler Werth	10h 18′	40	6.4	S.O. desgl.
6) Bonn, Kölner Brücke . . .	11h 0′	41	7,75	S.O. desgl.
Mittel	—	40,7	6,51	
1) Rückfahrt von Bonn	11h 0′	41	7,5	Regen.
2) Herschler Werth	11h 18′	42	5,75	S.O. desgl.
3) Wesslingen	—	—	—	
4) Sürth (jener Baum)	11h 49′	41	6,75	
5) Rodenkirchen	12h 12′	40,5	5,0	desgl.
6) Köln	12h 26′	—	—	
Mittel =	—	41,1	6,25	

Man fuhr daher den Weg von Köln nach Bonn in dem Zeitraume von 3 Stunden 14 Minuten und zurück in 1 Stunde 26 Minuten. Die schnellsten auf dem Rheine gehenden Dampfschiffe, gebaut für raschen Personen-Transport, also ein wesentlich von dem gegenwärtigen verschiedenes Prinzip verfolgend, durchlegen den Weg von Köln nach Bonn in 2 Stunden 27 bis 2 Stunden 36 Minuten.*) Dabei haben sie aber die doppelte Länge, viel grössere Breite und eine bedeutend grössere Maschinenkraft, welche letztere eben wegen des grossen Schiffskörpers bei guter Form einzusetzen möglich war. Man sieht also aus dieser Vergleichung im Allgemeinen schon, dass die erlangten Resultate mit dem in Rede stehenden Schiffe mit der nothwendigen Berücksichtigung, dass es ein Schleppdampfschiff ist, als durchaus genügend angesehen werden müssen.

Indem wir nun zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Motoren (der Schaufelräder) übergehen, so wird dieselbe nach der Formel IV (b.) also gefunden:

*) In der gegenwärtigen Zeit wird von den besten neuern Schiffen dieser Weg in kürzerer Zeit zurückgelegt.

Digitized by Google

$$u = \left(1 + \sqrt{\frac{K\ A}{K'\ A'}}\right)(V + v)$$

Nun ist:

$A = 32{,}5$
$A' = 51{,}87$
$K = 0{,}2$
$K' = 2{,}5$
$V = \left.\begin{matrix}\\ \\ v =\end{matrix}\right\} V + v = 13{,}77$ *)

Es ist also

$$u = \left(\sqrt{\frac{K\ A}{K'\ A'}} + 1\right)(V + v) =$$

$$= \left(\sqrt{\frac{32{,}5\ .\ 0{,}2}{2{,}5\ .\ 51{,}87}} + 1\right) \cdot 13{,}77 =$$

$$= (\sqrt{0{,}05012} + 1)\ 13{,}77 =$$

$$= (0{,}224 + 1) \cdot 13{,}77 = 1{,}224\ .\ 13{,}77 =$$

$$= 16{,}85448 \text{ Engl. Fuss, ein Resultat, welches die Theorie fordert.}$$

Vergleicht man damit, was der Versuch ergab, und nennt man die Geschwindigkeit der Schaufelräder, aus dem praktischen Versuche abgeleitet $= u'$, so wird dies also bestimmt.

Die Geschwindigkeit der Peripherie der Räder bis zum Angriffspunkt beträgt:

$\pi \times$ Durchmesser $\times$ Zahl der Rotationen in 1 Minute

also $= 3{,}14 \times 11{,}88\ .\ (41{,}1 \times {}^{2}/_{3})$ in 1 Minute, demnach für 1 Secunde

$$u' = \frac{3{,}14\ .\ 11.88\ .\ 27.4}{60} =$$

$$= \frac{1022.10768}{60} = 17{,}03 \text{ Engl. Fuss.}$$

Die Theorie gab	=	16,85448 Engl. Fuss,
„ Praxis	=	17,03 „ „
Differenz		0,18 Engl. Fuss,

ein Resultat, welches hinreichend angibt, dass die angewandte Maschine unter dem zweckmässigen Baue des Schiffes ihre Schuldigkeit gethan.

Erörterung zu II.

Um diese Frage zu entscheiden, musste abermals ein praktischer Versuch in der Weise ausgeführt werden, dass man dem Schleppdampfschiffe einen der gewöhnlichen Ruhrorter Kohlennachen, mit der erforderlichen Last beladen, anhing und bis Köln schleppte.

*) Man fuhr nämlich den Weg von Köln nach Bonn = 108494 Engl. Fuss in 3^{h} 14′ oder in 11640 Sec., also war

$$V = \frac{108494}{11640} = 9{,}32 \text{ Engl. Fuss gegen den Strom}$$

Dazu Stromschnelle $= 4{,}45$

$V + v = 13{,}77$.

Digitized by Google

Zuerst wurde in Ruhrort ein dem etc. ..... zugehöriger Kohlennachen, mit 4495 Ctr. = 224 Tonnen 15 Ctr. beladen, dazu ausgewählt, die Ladung durch ein Attest des dortigen Hafen-Amts constatirt, und von beiden anwesenden Parteien die Zulassung desselben zum Versuche, obgleich er etwa 10 Tonnen weniger enthielt, zugegeben, indem sie mit den Experten zugleich der Meinung waren, dass diese kleine Differenz nicht von Erheblichkeit sei.

Die Fahrt selbst fand am 28. und 29. Juni statt und es folgen hierunter die dabei gemachten Observationen:

Fahrt am 28. Juni.

Orte.	Zeit.	Zahlen der Umdrehungen der Maschine in 1 Min.	Dampfspannung in Pfd.	Bemerkungen.
1) Abfahrt von Ruhrort	11h 53′	36.0	6.5	Starker Gegenwind S.
		31.5		
		37.0	10.5	
		31.0	11.0	
2) Essenberg . . .	12h 37′	31.0	11.0	
		33.0	11.0	Starke Strömung. Etwas weniger Wind.
3) Duisburger Kanal .	1h 8′	33.5	10.5	
		33.0	10.5	
		31.0	11.25	
		33.0	11.0	
		27.0	11.5	1h vor Uerd.
		26.0	10.0	
4) Uerdingen . . .	4h 21′	30.0	10.0	Wind zur Seite.
		30.0	8.0	
		32.0	9.0	
		33.0	10.5	
5) Kaiserswerth . .	6h 40′	31.0	10.5	NB. 28 Minuten Aufenthalt durch den Kohlennachen verursacht.
		31.0	10.5	
		30.0	9.0	
		32.0	9.0	
6) Düsseldorf . . .	10h 25′	30.0	7.0	
			—	—

Orte.	Zeit.	Zahlen der Umdrehungen der Maschine in 1 Min.	Dampfspannung in Pfd.	Bemerkungen.
7) Abf. von Düsseldorf	5h 8′ Morg.	30.0	5.5	Weniger Gegenwind als gestern W. N. W.
		30.0	10.5	
		32.0	10.0	
		34.0	8.0	
		30.0	8.0	
8) Grimmlinghausen .	8h 8′	31.0	9.1	Noch mässigerer Wind W. N. W.
		30.0	7.1	
		30.0	5.0	
9) Stöcrath-berg . .	10h 17′	30.0	6.75	
		34.0	7.1	Wetter gut, fast Windstille, aber dadurch kein Zug im Feuer, also wenig Dampf zu erzielen.
10) Bearath	11h 10′	34.0	8.75	
11) Zons	12h 8′	32.0	8.0	
		36.0	7.5	
12) Dormagen (gegen über)	1h 15′	30.0	6.5	
13) Worringen . . .	2h 19′	32.0	7.0	
14) Pittorf	3h 10′	32.0	6.5	
15) Rheindorf . . .	4h 8′	32.0	6.0	
		34.0	6.0	
		34.0	7.75	
16) Wiendorf	4h 32′	32.0	9.0	
17) Niehl	5h 34′	32.0	8.0	
18) Stammheim . . .	6h 10′	36.0	6.5	
19) Mülheim	6h 53′	32.0	7.0	Etwas Gegenwind (bis zur Brücke).
20) Köln	7h 38′	32.0	7.0	
Mittel von Ruhrort bis Köln etc.	—	31.98 oder 32	8.75	

Zu dieser Versuchsreihe bemerkt man im Allgemeinen, dass sie unter sehr ungünstigen Verhältnissen, als da sind ein höherer als mittlerer Wasserstand und fast durchgängig entgegengesetzten Wind angestellt worden. Unter günstigeren Verhältnissen hätte man wohl zwischen ein bis zwei Stunden an der Fahrt zwischen Ruhrort und Köln gewinnen können. Man nimmt bei dem Calcul darauf in so fern Rücksicht, als man die Flussgeschwindigkeit im Mittel zu $v = 5$ Fuss einführen wird.

Da es vor Allem nothwendig ist, zu wissen, welcher Widerstands-Coefficient dem angehängten Kohlennachen, der sicher eine schlechte Bauart hat, entspricht, so muss die Formel unter b. eine Umgestaltung erleiden, indem in dieselbe nicht allein ein bis dahin noch unbekannter Widerstands-Coefficient für den Kohlennachen $= k$ und auch ein Werth A^0 eingeführt werden muss, welcher letztere die auf der Längenrichtung des Schiffes senkrecht stehende Querschnittsfläche, in Quadratfüssen ausgedrückt, repräsentirt. Jene Formel unter b. war nun:

$$u = \left(1 + \sqrt{\frac{K}{K'}\frac{A}{A'}}\right)(V + v)$$

k und A^1 eingeführt, wird

Digitized by Google

$$f)\ u = \left(1 + \sqrt{\frac{KA + kA^0}{K'A'}}\right)(V + v)$$

Aus dieser Gleichung findet man

$$\sqrt{\frac{KA + kA^0}{K'A'}} = \frac{u}{V + v} - 1 \text{ oder}$$

$$\frac{KA + kA^0}{K'A'} = \left(\frac{u - (V + v)}{V + v}\right)^2$$

$$KA + kA^0 = \left(\frac{u - (V + v)}{V + v}\right)^2 K'A'$$

also

$$g)\ k = \left(\frac{u - (V + v)}{V + v}\right)^2 \frac{K'A' - KA}{A^0}$$

Die zur Berechnung dieser Formel nöthigen numerischen Werthe erhält man also:

1) Der Weg von Ruhrort bis Köln ist aus der früher angegebenen Quelle entnommen und betrug . . . . . = 300627 Engl. Fuss
2) Dieser wurde bei dem angehängten Kohlennachen in 24 Stunden 53 Minuten = 89580 Secunden zurückgelegt; also betrug V gegen den Strom . . . . . $= \frac{300627}{89550} =$
   $= 3{,}35$ Engl. Fuss p. Secunde.
3) Es war mithin $(V + v) = 3{,}35 + 5 = 8{,}35$ Fuss.
4) Ferner beträgt die Geschwindigkeit u der Motoren bei einer Zahl der Rotationen von $32 \cdot \frac{2}{3} = 21{,}3$
   d. h. $u = \frac{\pi \cdot 11{,}88 \cdot 21{,}3}{60} = 13{,}04$ Engl. Fuss.
5) A^0 ist durch die Ausmessung bestimmt und gefunden = 85,5□ Fuss Engl.
6) $A = 32{,}5$□′ Engl.
7) $A' = 51{,}87$□′ Engl.
8) $K' = 2{,}5$.
9) $K = 0{,}2$.

Demnach steht die Rechnung:

$$k = \left(\frac{u - (V + v)}{V + v}\right)^2 \cdot \left(\frac{K'A' - KA}{A^0}\right) =$$

$$= \left(\frac{13{,}04 - (8{,}35)}{8{,}35}\right)^2 \cdot \left(\frac{2{,}5 \cdot 51{,}87 - 0{,}2 \cdot 32{,}5}{85{,}5}\right) =$$

$$= 0{,}56^2 \cdot 1{,}44 =$$

$$= 0{,}3136 \cdot 1{,}44 = 0{,}451584$$

für welchen Werth man

0,5

zu setzen berechtigt ist, **und woraus das schlagende Resultat nach der Vorherbestimmung eingetreten, dass der angehängte Schleppkahn vermöge seiner**

Digitized by Google

grossen Widerstandsleistung, die in seiner schlechten Bauart begründet liegt — einen grossen Theil der Maschinenkraft consumirt.

Um nun einzusehen, ob das Schleppdampfschiff unter diesen ungünstigen Verhältnissen und diese dabei berücksichtigend das Erforderliche geleistet und also die Maschinenkraft auch in dieser Beziehung sich als entsprechend wirksam gezeigt, war es nöthig

„die Geschwindigkeit zu berechnen, mit der das Schleppdampfschiff den „Weg von Ruhrort nach Köln zurücklegen müsse, wenn dasselbe jenen „Kohlennachen mit 224 Tonnen 15 Ctr. Steinkohlen beladen zugleich „schleppen soll.

Aus der Formel f, die da heisst:

$$u = \left(1 + \sqrt{\frac{K A + k A^0}{K' A'}}\right)(V + v)$$

folgt:

$$V = \frac{u}{\left(1 + \sqrt{\frac{K A + k A^0}{K' A'}}\right)} - v$$

Ist nun gegeben:

$u = 13{,}04$ aus den Beobachtungen
$A = 32{,}5$
$A' = 51{,}87$
$A^0 = 85{,}5$
$K' = 2{,}5$
$K = 0{,}2$
$k = 0{,}45..$
$v = 5$; so folgt

$$V = \frac{13{,}04}{\left(1 + \sqrt{\frac{0{,}2 . 32{,}5 + 0{,}45 . 85{,}5}{2{,}5 . 51{,}87}}\right)} - 5 =$$

$$= \frac{13{,}04}{1 + \sqrt{\frac{6{,}50 + 38{,}475}{129{,}675}}} - 5 =$$

$$= \frac{13{,}04}{1 + \sqrt{0{,}3467}} - 5 =$$

$$= \frac{13{,}04}{1{,}58} - 5 = 3{,}25 \ldots\ldots \text{ Engl. Fuss}$$

Die Theorie gibt $V = 3{,}25 \ldots\ldots$ „ „
Die Erfahrung gibt $V = 3{,}35 \ldots\ldots$ „ „

Differenz $= 0{,}1$ Engl. Fuss.

Das Resultat zeigt abermals zur Genüge, dass das Schleppschiff mit der eingesetzten Dampfmaschine beim Schleppen eines angehängten Nachens das leistet, was man zu fordern berechtigt ist.

Digitized by Google

Erörterung zu III.

Wenn man unter I. bereits entwickelt und dargethan hat, dass die Form des in Rede stehenden Schleppdampfschiffes eine sehr gute, allen Anforderungen genügende genannt werden kann, so ist damit zugleich ausgedrückt, dass jede Veränderung derselben bei gleichbleibender Länge von 90 Fuss (resp. 100 Fuss), Breite von 14 Fuss und einem Tiefgang von 3 Fuss, Nachtheil aber keinen Vortheil herbeiführen würde. Wenn man fragt, was kann eine Veränderung erleiden? so besteht die Antwort allein darin, dass man den Vorder- und Hintertheil, welcher in das Wasser taucht, an Raum vergrössere. Hier greift man aber die Seele des ganzen Formbaues an, da der Werth des ganzen Schiffskörpers vornämlich davon abhängig ist, wenn er

„zu seiner eigenen schnellsten Bewegung die möglichst geringste Kraft „consumirt.

Wollte man ihm aber zur Erzielung einer grössern Tragfähigkeit, also zur Aufnahme einer grössern Maschinenkraft unter Beibehaltung der contractlichen Dimensionen umformen, so würde das Plus der grössern Kraftentwickelung gewiss nicht zureichen, was man durch die schlechte Form an grösserm Widerstand des Wassers zu überwinden hat.

Die unter III. a. gestellte Frage ist also hiermit als beseitigt zu betrachten.

Die Fragen III. b. und c. sind nur des vollständigen logischen Zusammenhangs wegen aufgestellt, da sie ebenfalls in den vorherigen Demonstrationen grossentheils ihre Erledigung gefunden. Bleibt nämlich der Schiffskörper in seinen Dimensionen wie er ist, und hat es sich ergeben, dass die eingebaute Niederdruck-Dampfmaschine sowohl die zur Bewegung des Schleppdampfschiffes allein, als auch die, wenn es mit einem befrachteten Schleppkahne belastet ist, gehörige Geschwindigkeit hervorbringt, so könnte nur allein noch davon die Rede sein,

„ob eine andere Niederdruck-Dampfmaschine construirt werden könnte, „welche bei gleichem Gewichte mehr als die gegenwärtige geleistet, oder „so viel leistet, dass dem Contract Genüge geschehe.

In dieser Beziehung spricht man es als feste Ueberzeugung aus, dass compendiösere, wenig Raum einnehmende, das Gehörige leistende, und was vor Allem hier in Betracht kommt — am wenigsten wiegende Niederdruck-Dampfmaschinen construirt sind, als die vorliegende, ein System, durch welche sich Penn u. Sohn, die Erbauer, sehr grosse Verdienste um Wissenschaft und Technik erworben haben.

Die folgende Uebersicht bietet über das Gewicht von Niederdruck-Dampfmaschinen von den berühmtesten englischen Maschinenbauern einen Anhaltspunkt zur Vergleichung:

Systeme.	Zahl der Pferdekräfte.	Gewichte der Maschinen in Kegl. Ctr.	Erbauer.	Systeme.	Zahl der Pferdekräfte.	Gewichte der Maschinen in Kegl. Ctr.	Erbauer.
1) Niederdruck-Dampfmaschine mit Balancier und gewöhnlichen Kesseln.	40	760 – 800	Von Maudslay Miller Ravenhill et Comp. oder Seaward.	2) Oscillirende Cylinder und Röhrenkessel.	40	380 – 400	Von John Penn et Sohn oder von den Obigen.
	60	1140 – 1200			60	570 – 600	
	80	1520 – 1600			80	760 – 800	
	100	1900 – 2000			100	950 – 1000	
	120	2280 – 2400			120	1140 – 1200	

Man sieht hieraus, dass die Niederdruck-Dampfmaschinen nach dem etc. Penn'schen System bei gleicher Wirksamkeit die Hälfte des Gewichts des andern Systems haben. Die Dampfmaschinen-

Digitized by Google

kraft, welche der vorliegenden Maschine angehört, soll hierunter deshalb noch bestimmt werden, damit daraus das ohngefähre Gewicht abgeleitet und andere Schlüsse und Vergleichungen gemacht werden können. Dieselbe bestimmt sich durch die Formel:

$$F \text{ nach Pferdekraft} = \frac{E^a}{33000}, \text{ wo}$$

$$E^a = arv \text{ (nach Pambour) und}$$

$$ar = \frac{s\,k\,(l' + c)}{q\,v\,(l + c)\,(1 + \delta)} - \left(\frac{n}{q} + p + f\right)\frac{a}{(1 + \delta)}$$

Da nun hier die Verdampfungsquantität der Maschine p. Minute = S in Anspruch genommen, diese aber durch unsere Experimente nicht ermittelt worden, so leitet man sie ebenfalls nach Pampour (S. 96) durch die Gleichung ab:

$$S = (n + q\,P)\,a\,v' \frac{l' + c}{l}; \text{ indem man setzt}$$

$n = 0{,}00004227$ (für eine der in Rede stehenden Maschinen)
$q = 0{,}000000258$ (desgl.)
$P = (15 + 6{,}5) \cdot 144 = 3096$ (bei 6,5 Pfd. Dampf)
$v = 2 \cdot 2{,}5 \cdot 34{,}3 = 171{,}5$ (34,3 Kolbenhübe p. Minute) *)
$l = 2{,}5$ Thatsache
$l' = 0{,}77 \cdot l = 1{,}925$
$c = 0{,}05 \cdot l = 0{,}125$ also
$S = 0{,}47$ Engl. Cubf. p. Minute, ferner ist
$k = 1{,}187$ (nach Pamb. S. 89)
$p = 4 \cdot 144 = 576$
$f = 0{,}5 \cdot 144 = 72$ (nach Pamb. S. 146)
$\delta = 0{,}14$ (das. S. 128)

$a = {}^1/_4\,\pi \cdot d^2 = 0{,}785 \cdot \left(\frac{27}{12}\right)^2 = 3{,}97\square'$ ebenso

$$ar = \frac{0{,}47 \cdot 1{,}186 \cdot}{0{,}000000258 \cdot 1{,}14 \cdot 171{,}5}\left(\frac{1{,}925 + 0{,}125}{2{,}5 + 0{,}125}\right) - \left(\frac{0.00004227}{0{,}000000258} + 576 + 72\right)\frac{3{,}97}{1{,}14} \text{ oder}$$

$ar = 11316 - 2813{,}9 = 8502{,}1$ daher
$E^a = arv = 8502{,}1 \times 171.5$
$= 1458110, \ldots$ daher

F^a : Pferdekraft $= \frac{E^a}{33000} = \frac{1458110}{33000} =$
$= 44{,}2$ Pferdekraft **)

Demnach für zwei Maschinen $= 2 \cdot 44{,}2 = 88{,}4$ Pferde.

*) Zahl der Kolbenhübe im Mittel bei der 1. Fahrt = 39,7 Dampfsp. = 4,48
" " " " " " " 2. " = 41,1 " = 6,25
" " " " " " " 3. " = 32,0 " = 8,73
Mittel = 34,3 Mittel 6,5.

**) Hier muss die Bemerkung gemacht werden, dass es in England fast durchweg Sitte ist, die Zahl der Pferdekräfte bei den constrirten Dampfmaschinen etwa halb so gross anzugeben, als sie sich theoretisch herausstellt.

Digitized by Google

Eine solche Maschine würde also nach dem Penn'schen System etwas über 400 Ctr., nach andern Systemen aber, namentlich mit Balancier und gewöhnlichen Kesseln an 800 Ctr. wiegen. Es geht also klar und deutlich hervor:

„dass eine Niederdruck-Dampfmaschine von grösserer Kraft als die „nach dem System von Penn in das Schiff eingebaute Maschine schon „den contractlichen Tiefgang überschritten haben würde. Um wie viel „mehr dies aber der Fall sein würde, hätte man noch schwerere, nach „andern Systemen erbaute Niederdruck-Dampfmaschinen angewandt, „liegt eben so klar am Tage.

Um indess diesem wichtigsten Theile der vorgelegten Frage eine gewiss erschöpfende Aufmerksamkeit zu widmen, unternahm man es weiter zu fragen:

„unter welchen Bedingungen wohl dem Contract Genüge geschehen „konnte?

1) Wenn das Schleppdampfschiff einen Weg von Ruhrort nach Köln = 24336,5 Preuss. Ruthen = 300627 Engl. Fuss in 14 Stunden = 50400 Sec. zurücklegen sollte, indem an dasselbe zwei Schleppkähne, jeder mit 235 Tonnen Kohlen beladen, gehängt werden, so musste dasselbe gegen den Strom eine Geschwindigkeit

$$= \frac{300627}{50400} = 5{,}96 \text{ Engl. Fuss}$$

entwickeln, und wenn

2) die mittlere Stromgeschwindigkeit zu 4,45 angenommen wird, so ist

$$V + v = 10{,}41 \text{ Fuss zu setzen.}$$

3) Ist nun wie früher angegeben

$K = 0{,}2$
$A = 32{,}54 \square'$
$A^0 = 2 \,.\, 85{,}5 = 171 \square'$ ferner
$A' = 51{,}87$
$K' = 2{,}5$
$k = 0{,}45$ wegen der gänzlich unvollkommenen Bauart der Kohlennachen, so ist:

4) $u = \left(1 + \sqrt{\frac{KA + kA^0}{K'A'}}\right)(V + v)$ gibt

$u = (1 + \sqrt{1{,}9})\,10{,}41 = 24{,}67$ Fuss müsste der Mittelpunkt der Schaufelräder in 1 Sec. machen.

5) Demnach in 1 Minute $= 60 \,.\, 24{,}67 = 1480{,}2$ Fuss.

6) Ist nun die Peripherie der Räder im Mittelpunkt des Angriffs, wie früher, = 37,... Fuss, so folgt, dass die Räder an Rotationen $= R$ in der Minute machen müssten:

$$R = \frac{1480{,}2}{37} = 40{,}...$$

7) Nach dem bei vorliegender Dampfmaschine angebrachten Vorgelege muss die Kolbenbewegung im Verhältniss von 3 : 2 schneller erfolgen, es müsste also der Kolben selbst eine Bewegung von $2 \,.\, 40 \times \frac{3}{2} = 120$ mal seinen einfachen Weg in 1 Minute machen, und da

Digitized by Google

8) der Kolbenhub = 2,5 Fuss ist, so wäre der vom Kolben in 1 Minute durchlaufene Weg
= 120 . 2,5 = 300 Fuss.

„Eine solche enorme Schnelligkeit ginge gegen alle Theorie und Erfah-
„rung. Die vorzüglichen Praktiker geben gewöhnlich bei Niederdruck-
„Dampfmaschinen dem Kolben eine mittlere Geschwindigkeit von 180—200
„Fuss p. Minute. Und wenn die gegenwärtige Maschine im Mittel nur eine
„Schnelligkeit von 171,5 Fuss p. M. entwickelte, so hat sie doch mehrmals
„an 180 wahrnehmen lassen und mögen die ungünstigen Umstände, unter
„denen alle Versuche angestellt worden sind, dazu wesentlich mit bei-
„getragen haben, dass die Normalgeschwindigkeit nicht immer erreicht
„worden.

„Man sieht also aus dieser Betrachtung, dass die gegenwärtige Maschine „unmöglich eine solche Kraft entwickeln konnte, und dass zur Darstellung „eines so grossen Effectes die berechnete Geschwindigkeit vermindert, da-„gegen die Kraft der Maschine bedeutend vermehrt werden musste.

Um dies letztere zu bewerkstelligen, wären

a. ein viel längerer und breiterer Schiffskörper beim Tiefgang von 3 Fuss, oder
b. ein stärker gebautes Schiff bei einer Länge von 90 Fuss, einer grössern Breite als 14 Fuss, und ein viel grösserer Tiefgang als 3 Fuss mit
c. grösseren Rädern mit langen und breitern Schaufeln

nothwendig gewesen, lauter Bedingungen, die dem Contract widersprochen hätten.

Erörterung zu IV.

Man hat geglaubt, dass unsere Beurtheilung eine noch grössere Sicherheit und Bestimmtheit erhielte, wenn man die bereits feststehenden Erfahrungen von anerkannt guten Schleppdampfschiffen, z. B. dem „Overstolz" aufführte und mit den theoretischen Raisonnements und praktischen Resultaten vergliche, welche man in Obigem gefunden.

Man machte zu dem Ende mit dem Overstolz eine Reise von Köln nach Ruhrort und fand nach den zum Grunde gelegten Ausmessungen und Beobachtungen, deren specielle Aufführung hier nicht für nothwendig erachtet wird, dass:

die theoretische Geschwindigkeit der Motoren dieses Schiffes nach der Formel

$$u = \left(1 \div \sqrt{\frac{K\,A}{K'\,A'}}\right)(V - v)$$ berechnet, den Werth

$u = 16{,}06$ gibt;

dass aber der Versuch, bei einem Durchmesser der Räder von $14^2/_3$ Fuss im Mittelpunkt des Angriffs, also einer Peripherie von 46,... Fuss und einer mittlern Rotation von 21 eine wirkliche Geschwindigkeit von

$u' = 16{,}1$ Fuss ergab,

aus welchem Resultate klar hervorgeht, wie auch hier Theorie und Erfahrung in Einklang getreten.

Nach einer andern theoretischen Bestimmung, wo der Overstolz mit drei angehängten Schleppkähnen behaftet war, deren Ausmessung, Form, Tiefgang unter der eingenommenen Belastung vorher bestimmt worden war, fuhr derselbe in 47 Stunden durch $42^1/_4$ Meilen. Man fand daraus, dass die Maschine alsdann 27 Rotationen p. Minute habe machen müssen. Nach der amtlichen

Digitized by Google

Mittheilung, die man aus streng und genau geführten Büchern auszog, waren bei dieser Fahrt p. Minute 24—26 Rotationen eingetragen.

Eine Anzahl praktischer Erfahrungen, welche gerade mit diesem Schleppdampfschiffe von Ruhrort bis Köln unter mancherlei verschiedenen Schlepplasten in angehängten Schleppkähnen gemacht worden sind, hat man in einer Tabelle zusammengestellt, indem zugleich für die Wahrheit dieser Thatsachen gebürgt wird. Man entnimmt daraus, dass dieses Schiff

den 6. April 1843	—	2	eiserne	Schiffe	mit	10165	Ctr.	in 14h 44′
„ 19. Mai	„	2	„	„	„	8114	„	„ 19h 55′
„ 29. Juli	„	2	„	„	„	8269	„	„ 18h 32′
„ 18. Oct.	„	2	„	„	„	7223	„	„ 13h 5′
„ 25. Mai 1844		2	„	„	„	8509	„	„ 13h 25′
im Mittel	—	2	„	„	„	8456	„	„ 15h 56′

geschleppt hat.

Man ersieht also, dass ein vortrefflich gebautes Schleppdampfschiff, wie der Overstolz (in welches unter keinen Umständen eine grössere, noch mehr leistende Dampfmaschine gesetzt werden konnte), bei weitem jenem Contracte nicht genügen konnte, während dies Schiff bei einer Länge von 190 Fuss, einer Breite von 19 Fuss und einem Tiefgang von 3 Fuss eine dreifache Maschinenkraft besitzt. Und bei dieser, durch eine Hochdruck-Dampfmaschine producirten grössern Kraftentwickelung war es erst annähernd möglich, zwei in sehr guter Form gebaute eiserne Schleppkähne, belastet mit 8456 Ctr. = etwa 423 Tonnen, in nahe 16 Stunden von Ruhrort nach Köln zu bringen. Wie ist es nun gedenkbar, in ein Schiff von 90 Fuss Länge und 14 Fuss Breite bei 3 Fuss Tiefgang eine neue Maschine zu setzen, durch welche 2 . 235 = 470 Tonnen, geladen in zwei, die schlechteste Form habende, voll gebaute, also den grössten Widerstand leistende Ruhrorter Kohlennachen, in 14 Stunden denselben Weg transportirt werden sollen?

Ehe man zum vollständig motivirten Endresultat übergeht, wird noch bemerkt, dass man auch bei der Fahrt am 19. Mai von Ruhrort nach Köln den Kohlenverbrauch näher festgestellt und p. Stunde Fahrzeit auf 5,1 Ctr. Preuss. bestimmt hat, ein Kohlenquantum, welches p. Stunde und p. Pferdekraft etwa 6,4 Pfd. beträgt, während der Contract 8 Pfd. stipulirt. Es verbraucht also die Maschine weniger Kohlen als durch den Contract bestimmt wird.

Erörterung zu V.

Aus allen diesen Betrachtungen haben die ernannten Experten die Ueberzeugung gewonnen, und sprechen diese hierdurch als Beantwortung der denselben vorgelegten Frage aus:

„dass es nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft und den Erfahrungen im Gebiete der Mechanik durchaus unmöglich ist, in den Körper eines Dampfschleppschiffes von Neunzig Fuss Länge, Vierzehn Fuss Breite zwischen den Radkasten und drei Fuss Tiefgang eine Niederdruck-Dampfmaschinenkraft zu setzen, dass das Schiff im Stande ist, bei eigener Belastung des Wassers in dem Kessel und der benöthigten Kohlen am Bord für eine Fahrt von Ruhrort nach Köln zwei hölzerne Nachen, einen jeden mit 235 Tonnen Kohlen beladen, auf dem Rheinstrom — stromaufwärts von Ruhrort nach Köln in vierzehn Stunden zu schleppen.

Druck von J. P. Bachem, Hof-Buchhändler und Buchdrucker.

Digitized by Google

Digitized by Google